



УДК 621.314.263

О МЕТОДИКЕ НАСТРОЙКИ ВЕКТОРНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СЕРИЙНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

ABOUT SETTING METHOD OF VECTOR AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS IN THE SERIAL FREQUENCY CONVERTERS

Плотников Юрий Валерьевич, к-т. техн. наук, доцент каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: yu.v.plotnikov@urfu.ru, Тел.: +7 (343) 375-46-46

Виноградов Сергей Алексеевич, студент каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: sergey.vinograd@mail.ru, Тел.: +7 (961) 775-77-71

Кочкина Анастасия Михайловна, студент каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: ikochkinanastya@gmail.com. Тел.: +7 (912) 605-50-50

Iurii V. Plotnikov, candidate of technical sciences, associate professor, department of «Electric drive and automation of industrial plants and technological complexes», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: yu.v.plotnikov@urfu.ru, Тел.: +7 (343) 375-46-46

Sergey A. Vinogradov, student, department of «Electric drive and automation of industrial plants and technological complexes», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: sergey.vinograd@mail.ru, Тел.: +7 (961) 775-77-71

Anastasia M. Kochkina, student, department of «Electric drive and automation of industrial plants and technological complexes», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: ikochkinanastya@gmail.com. Тел.: +7 (912) 605-50-50

Аннотация: В статье рассматривается методика наладки векторных систем автоматического управления в серийных преобразователях частоты. В качестве примера производится настройка векторной системы управления в преобразователе Sinamics S-120 фирмы Siemens. Приводятся результаты моделирования и экспериментальных исследований на базе лабораторного стенда кафедры. В заключение показана работоспособность предложенной методики для систем электропривода с различным быстродействием и даны рекомендации для практической настройки векторных систем управления.

Abstract: The article discusses the technique of adjusting the vector automatic control systems in the serial frequency converters. As an example, the setting of vector control system in the frequency converter Sinamics S-120 is carried out. Results of the simulation and experimental investigations based on department laboratory stand are shown. In conclusion, the working of proposed method in different performance electric drives is shown and practical recommendations of vector control systems setting are given.

Ключевые слова: Sinamics S-120; преобразователь частоты; настройка векторных систем управления; экспериментальные исследования;

Key words: Sinamics S-120; frequency converter; setting of vector control systems; experimental investigations

ВВЕДЕНИЕ

Настройка электропривода представляет собой комплексную задачу, от грамотного решения

которой зависят его работоспособность и показатели качества. Большинство современных преобразователей частоты имеют функцию

автонастройки, во время которой производится процедура автоматического расчета параметров регуляторов тока и скорости. Во время этой процедуры преобразователь частоты подает на двигатель различные тестовые сигналы и вычисляет параметры математической модели объекта. При этом, как будет показано далее, зачастую результаты автоматической настройки могут быть не точными и не соответствовать классическим критериям настройки систем управления на модульный оптимум [2]. В качестве примера в статье рассматривается частотно-регулируемый электропривод на базе преобразователя частоты Sinamics S-120 [1, 2]. Целью данного исследования является разработка практической методики настройки векторных систем автоматического управления в серийных преобразователях частоты.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

На начальном этапе необходимо построить математическую модель частотно-регулируемого электропривода с векторной системой управления, которая приближенно отражает работу системы управления в реальном преобразователе частоты. Функциональная схема векторной системы управления с ориентацией по вектору потокоцепления ротора представлена на рис. 3. Математическое описание асинхронного двигателя основывается на представлении обобщенной электрической машины во вращающейся системе координат при общепринятых допущениях [6, 7]. Допущения предполагают, что асинхронная машина симметричная, не учитываются потери в стали магнитопровода, а также не учитывается эффект вытеснения тока в обмотке ротора. Преобразователь частоты в этой системе моделируется в виде безынерционного, усилительного звена.

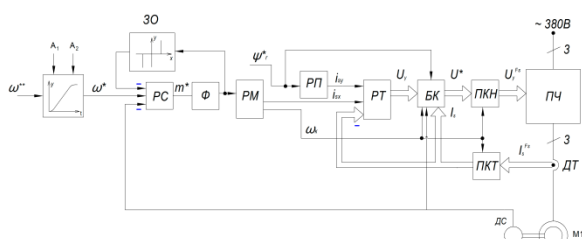


Рис. 1. Функциональная схема векторной системы автоматического управления

Векторная система управления применяется в тех случаях, когда к механизму предъявляются высокие требования по точности и качеству регулирования скорости. Рассмотрим реакцию системы на единичное ступенчатое воздействие в качестве, которого выступает задание на угловую скорость двигателя. Этот процесс применяется на практике для оценки показателей качества и

настройки системы на модульный оптимум. При этом во время снятия осциллограммы переходного процесса по управляющему воздействию, использовалось не нулевое значение момента статического сопротивления, что отражает влияние нагрузки в виде трения в реальной экспериментальной установке. Результаты моделирования представлены рис.2.

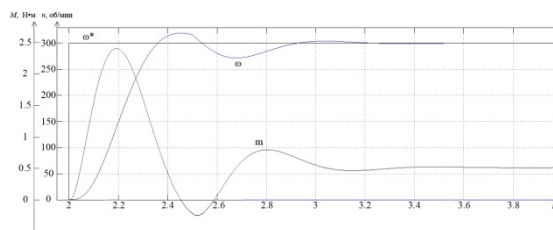


Рис. 2. Реакция системы на ступенчатое управляющее воздействие при наличии нагрузки

Рассмотрим более подробно показатели качества переходного процесса по скорости, которые представлены в таблице 1.

Табл. 1. Показатели качества переходного процесса

Показатели качества	Обозначение	Результаты моделирования	Теоретические значения
Перерегулирование	$\sigma, \%$	6,6	6,2
Время достижения максимума	t_m, c	0,44	0,43
Время переходного процесса	$t_{п.п.}, c$	0,53	0,54

Из таблицы 1 видно, что даже при моделировании системы полученные значения не точно совпадают с теоретическими. Это объясняется тем, что в векторной системе управления невозможно обеспечить точную компенсацию перекрестных связей в динамических режимах работы [6, 7].

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

После моделирования процессов переходим к экспериментальным исследованиям на лабораторном стенде, который включает в себя преобразователь частоты Sinamics S-120 и асинхронный электродвигатель 1LA7083-4AA60-Z. Все эксперименты проводятся для двукратно интегрирующей векторной системы автоматического управления с ориентацией по вектору потокоцепления ротора. После процедуры автоматической настройки и идентификации параметров двигателя,

автоматически устанавливаются параметры контура скорости, которые представлены на рис. 3.

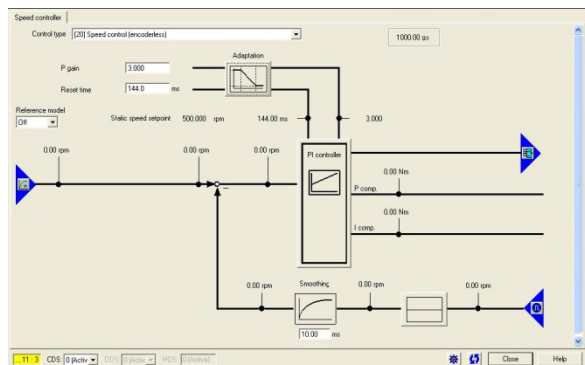


Рис. 3. Параметры контура скорости после автоматической настройки

После завершения автоматической настройки оценим показатели качества системы управления, для этого рассмотрим процесс пуска электропривода без задатчика интенсивности, который соответствует результатам моделирования, представленным на рис. 2. Поскольку, при ступенчатом задании номинальной скорости электропривод выйдет на ограничение по току, значение задания на скорость выбирается равным 500 об/мин. Полученные переходные процессы представлены на рис. 4. По графику скорости видно, что процесс имеет большое значение перерегулирования по скорости и носит колебательный характер. Показатели качества переходного процесса в экспериментальной установке сведены в табл. 2.

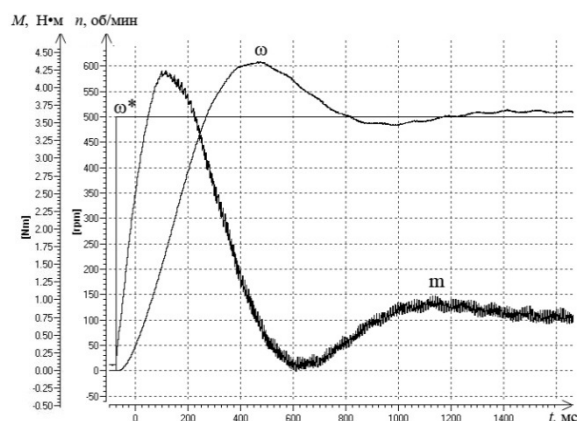


Рис. 4. Реакция САР скорости на ступенчатое управляющее воздействие после автонастройки

Они существенно отличаются от значений при моделировании и теоретических. Это объясняется тем, что по умолчанию в преобразователи частоты Sinamics S-120 не устанавливается фильтр в канале задания на скорость, что приводит к большому перерегулированию по скорости. Для того, что бы процесс отвечал необходимым

требованиям, проведем корректировку настройки контура скорости.

Табл. 2 Показатели качества электропривода

Показатели качества	Обозначение	Результаты эксперимента	Результаты моделирования
Перерегулирование	$\sigma, \%$	20	6,6
Время достижения максимума	t_m, c	0,48	0,44
Время переходного процесса	$t_{п.п.}, c$	0,8	0,53

Смысл заключается в следующем. Поскольку быстродействие контура тока очень высокое, то для настройки системы за регулятором скорости устанавливается фильтр и инерционностью контура тока пренебрегают (см. рис. 3). Таким образом, после вынесения фильтра в канал задания и канал обратной связи контур скорости принимает вид, представленный на рис. 5.

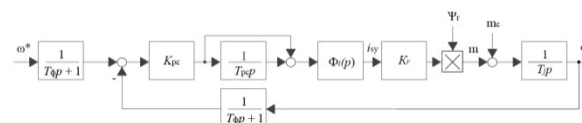


Рис. 5. Структурная схема САР скорости

Таким образом, для регулятора скорости внутренний контур имеет быстродействие, которое определяется постоянной времени фильтра T_ϕ . После этого, для настройки системы на модульный оптимум можно воспользоваться классическими соотношениями (1) и (2) [3].

$$T_{pc} = 2T_\omega = 4(T_i + T_\phi) \approx 4T_\phi, \quad (1)$$

$$K_{pc} = \frac{T_j}{T_\omega}, \quad (2)$$

где T_{pc} - постоянная времени интегрирующего звена в структуре регулятора скорости; T_ω - постоянная времени пропорционального звена в структуре регулятора; T_i - постоянная времени контура тока; T_ϕ - постоянная времени фильтра; T_j - механическая постоянная времени.

Для расчета коэффициентов регулятора скорости по формулам (1), (2) необходимо знать механическую постоянную времени электропривода. Для ее определения проводится следующий опыт. Производится пуск электропривода на номинальную скорость от задатчика интенсивности с заданным временем разгона, равным одной секунде (см. рис. 6).

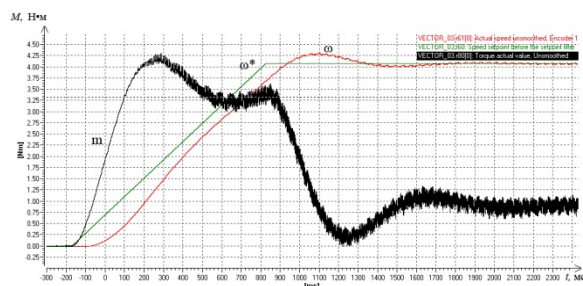


Рис. 6. Расчет механической постоянной времени

Постоянная времени T_j определяется из выражения (3).

$$m_{\text{дин}} = AT_j, \quad (3)$$

где A – темп задатчика интенсивности; $m_{\text{дин}}$ – динамический момент.

При темпе задатчика интенсивности равном 1 механическая постоянная времени равна динамическому моменту электропривода. Из графика, представленного на рис. 6, величина $T_j = 0,49$ с. Далее подставляем значение в выражения (1) и (2) и определяем коэффициент усиления и постоянную времени регулятора скорости.

После корректировки настроек контура скорости, производится аналогичный опыт запуска электропривода без задатчика интенсивности. Полученные переходные процессы представлены на рис. 7.

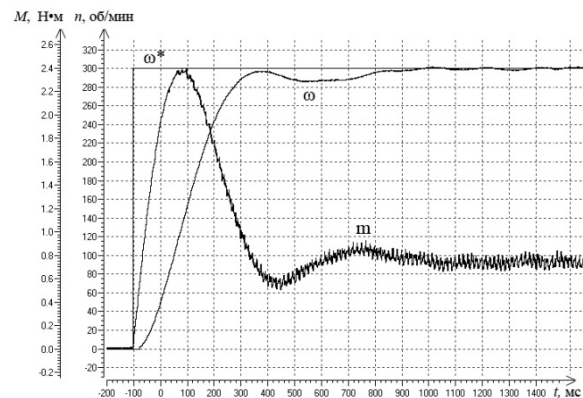


Рис. 7. Переходные процессы после корректировки автонастройки

Можно отметить, что система отвечает требованиям настройки системы на модульный оптимум и имеет небольшое перерегулирование по скорости. Показатели качества приблизительно соответствуют показателям качества при моделировании, таблица 3.

Эта методика может использоваться и для настройки электроприводов различного быстродействия. Для этого выбирается другое значение постоянной времени фильтра и по разработанной методике производятся расчеты коэффициентов регулятора скорости.

Табл. 3 Показатели качества после корректировки

Показатели качества	Обозначение	Результаты эксперимента	Результаты моделирования
Перерегулирование	$\sigma, \%$	2	6,6
Время достижения максимума	$t_m, \text{с}$	0,46	0,44
Время переходного процесса	$t_{п.п.}, \text{с}$	0,56	0,53

ВЫВОДЫ

При условии, что от системы не требуется высокого быстродействия, можно использовать методику, которая представлена в результатах работы. Методика позволяет достаточно точно настроить векторную систему управления в соответствии с классическими критериями модульного оптимума.

Результаты моделирования и результаты экспериментов находятся в пределах погрешности 6%, что подтверждает работоспособность предложенной методики настройки векторных систем управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. SINAMICS S-120 Руководство по вводу в эксплуатацию. Заказной номер 6SL3097-4AF00-0PP2. 01/2012. 274 с.
2. SINAMICS S-120 Описание функций. Заказной номер 6SL3097-4AB00-0PP1. 01/2011. 814 с.
3. Системы подчиненного регулирования электроприводов. Шрейнер Р. Т. Изд. ГОУ ВПО «Российский государственный профессиональный педагогический университет», 2008. 279 с.
4. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. Г. Сколовский. М. : Издательский центр «Академия», 2006. 272 с.
5. Энергоэффективные режимы работы регулируемых электроприводов переменного тока: монография. В.Н. Поляков, Р.Т. Шрейнер; под ред. Р. Т. Шрейнера. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-технический университет», 2012. 222с.
6. Шрейнер Р. Т., Дмитриенко Ю. А. Оптимальное частотное управление асинхронными электроприводами. Кишинев: Штиинца, 1982.
7. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. Екатеринбург: УРО РАН, 2000.